

- 1 REM-Aufnahme einer partikelgefüllten Polyethersulfon-Flachmembran.
- 2 Simultane Adsorption von hydrophobem Bisphenol A und negativ geladenem Penicillin G an IGB-Membranadsorbern.

MEMBRANADSORBER – ABTRENNUNG VON WERT- UND SCHADSTOFFEN

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Ansprechpartner

Dr. Thomas Schiestel
Telefon +49 711 970-4164
thomas.schiestel@igb.fraunhofer.de

www.igb.fraunhofer.de

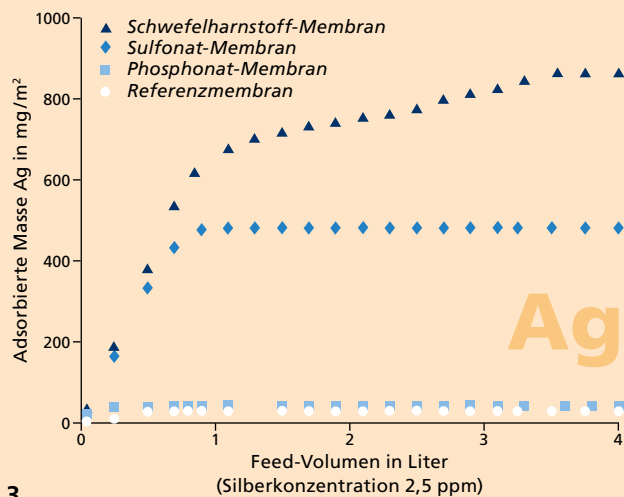
Für die Wasserfiltration stehen bereits unterschiedliche Membrantypen kommerziell zur Verfügung. Gemeinsam ist diesen Membranen, dass im Wesentlichen unterschiedliche Trenngrenzen für einen Größenausschluss genutzt werden. Die darunterliegende poröse Struktur, die eine hohe spezifische Oberfläche bietet, bleibt dagegen ungenutzt. Membranen für die Nanofiltration (NF) und Umkehrosmose (RO) können zwar molekulare und ionische Stoffe teilweise zurückhalten. Dafür sind aber hohe Drücke notwendig, was sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten in die Höhe treibt.

Adsorber können prinzipiell für die Entfernung von molekularen Störstoffen genutzt werden. Typische Adsorbermaterialien sind mikroporös, um eine große spezifische Oberfläche für die Adsorption anzubieten. Ein Nachteil dieser Materialien ist der limitierte Massentransport, da die Mikroschadstoffe in die innere poröse Struktur der

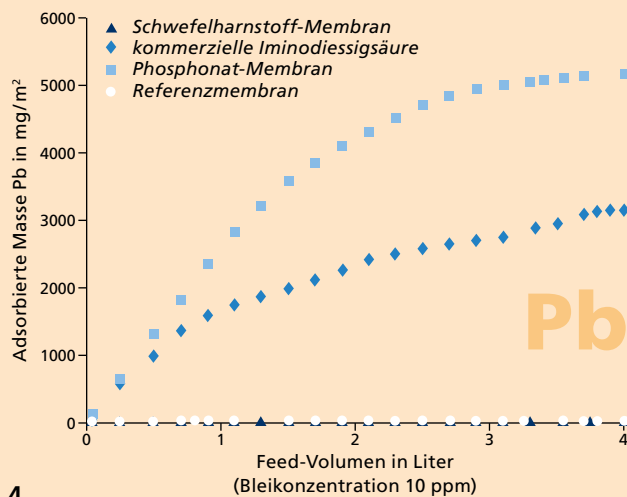
Adsorbentien diffundieren müssen. Dies führt dazu, dass die dynamische Adsorptionskapazität dieser Adsorber bei hohen Überströmungsgeschwindigkeiten deutlich abnimmt.

Es gibt deshalb einen Bedarf an neuen integrierten Trennsystemen. Am Fraunhofer IGB entwickeln wir dafür mit Partikeln gefüllte Mixed-Matrix-Membranen, die zusätzlich zu ihrer Filtrationsfunktion in Wasser gelöste Stoffe adsorptiv binden können und bei hohen Überströmungsgeschwindigkeiten eine hohe dynamische Adsorptionskapazität aufweisen. Durch die Variation der Partikeloberfläche und die Kombination unterschiedlicher Partikel stellen wir Membranadsorber her, deren Trenneigenschaften flexibel für Anwendungen in den folgenden Bereichen angepasst werden können:

- Trinkwasser
- Prozesswasser
- Abwasser.



3



4

Funktionelle Adsorberpartikel

Mittels spezieller Polymerisationstechniken werden funktionelle Submikropartikel hergestellt. Diese sind zwischen 50 nm und 500 nm groß und können aus einer Vielzahl unterschiedlicher, kommerziell erhältlicher Monomere synthetisiert werden. Die Partikel bieten den besten Kompromiss aus spezifischer Oberfläche, Sicherheit und Funktionalität und sind mit dem Phaseninversionsprozess zur Herstellung von porösen Membranen kompatibel.

Für die Herstellung der Membranadsorber steht eine ganze Reihe von Partikeln mit unterschiedlichen funktionellen Oberflächengruppen zur Verfügung. Das Spektrum der funktionellen Gruppen reicht dabei von eher hydrophobem Pyridin, über kationische Ammoniumverbindungen bis hin zu anionischen Phosphonaten oder auch Schwefelharnstoffgruppen.

Membranadsorber

Die Adsorberpartikel werden über einen Phaseninversionsprozess in eine Polyethersulfonmatrix eingebettet. Dieser Prozess wird auch bei der großtechnischen Herstellung von MF- und UF-Membranen eingesetzt. Bisher konnten bis zu 40 Gew.-% der Partikel quantitativ in die Membranen eingebaut werden. Die so hergestellten Membranadsorber haben sehr hohe Wasserflusswerte, die im Bereich von MF- und UF-Membranen liegen. Wir konnten zeigen, dass sich unterschiedliche Partikel in

einer Membran kombinieren lassen. Auf diese Weise lassen sich zum Beispiel verschiedene Mikroschadstoffe mit nur einem Membranadsorber entfernen. Die Membranadsorber können sozusagen für ein Trennproblem »maßgeschneidert« werden.

Selektive Adsorption von Wertstoffen und (Mikro-)Schadstoffen

In verschiedenen Tests konnte gezeigt werden, dass durch die Einbettung der zum Trennproblem passenden Adsorberpartikel sehr gute Selektivitäten erreicht werden können. Vergleicht man das Adsorptionsverhalten von Silber an verschiedenen Membranadsorbern, so ist zu erkennen, dass die Referenzmembran ohne Partikel praktisch keine unspezifische Adsorption zeigt. Dagegen bindet die Membran mit Schwefelharnstoffgruppen selektiv über 0,8 g Silber pro m² (Abb. 3). Wird das Adsorptionsverhalten unterschiedlicher Membranadsorber mit wässrigen Lösungen, die Bleiionen enthalten, getestet, so wird deutlich, dass unser Phosphonat-Membranadsorber die größten Mengen an toxischen Bleiionen adsorbiert (über 5 g Blei pro m², Abb. 4) – deutlich mehr als ein kommerziell erhältlicher Membranadsorber. Weitere am Fraunhofer IGB hergestellte Membranadsorber können sowohl die Industriechemikalie Bisphenol A (BPA), als auch das geladene Antibiotikum Penicillin G (PenG) adsorbieren (Abb. 2).

Regeneration der Membranadsorber

Wichtig für die Wirtschaftlichkeit der Membranadsorber ist die Regenerierbarkeit der Systeme. Wir konnten bisher bei allen untersuchten Adsorptionen geeignete Lösungen für eine quantitative Desorption finden. So lässt sich beispielsweise Kupfer mithilfe kleiner Mengen verdünnter Salpetersäure vollständig von den Membranadsorbern entfernen. Aber auch Membranadsorber für Mikroschadstoffe wie Bisphenol A können durch einen pH-Shift vollständig regeneriert werden.

Unsere Leistungen im Überblick

- Entwicklung und Synthese spezifischer Adsorberpolymerpartikel
- Durchführung von Machbarkeitsstudien
- Konzeption und Herstellung selektiver Komposit- oder Mixed-Matrix-Membranen als Flachmembranen oder Hohlfasermembranen
- Charakterisierung der Trenneigenschaften

- 3 Adsorption von Silber an Membranadsorbern mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen.
- 4 Adsorption von Blei an Membranadsorbern mit unterschiedlichen funktionellen Gruppen.